

2005–2014 年锦州春玉米农田生态系统碳水通量观测数据集

ISSN 2096-2223
CN 11-6035/N



张森¹, 周莉^{2*}, 周广胜^{1,2*}, 贾庆宇³, 李荣平³, 王宇⁴

1. 郑州大学, 地球科学与技术学院, 郑州 450001
2. 中国气象科学研究院, 灾害天气国家重点实验室, 北京 100081
3. 中国气象局沈阳大气环境研究所, 沈阳 110166
4. 河南科技大学, 园艺与植物保护学院, 河南洛阳 471000

摘要: 基于涡度相关方法的长期连续农田生态系统碳水通量观测, 对于提高作物产量和水资源利用效率、促进双碳目标的实现具有积极意义。锦州农田生态系统野外观测站(锦州站)是中国通量观测研究网络(ChinaFLUX)成员站之一, 位于辽宁省锦州市, 地处我国春玉米主要产区。锦州站自 2004 年 5 月开始基于涡度相关方法对春玉米农田生态系统碳水通量进行综合观测, 持续至今。遵循 ChinaFLUX 通量数据处理体系, 本数据集整理和统计了 2005–2014 年锦州春雨米农田生态系统碳水通量和辅助气象环境观测数据, 形成了 30 分钟、日、月和年 4 个时间尺度的标准化数据集, 可为气候变化和农田生态系统碳水循环过程及其机理等研究提供数据支持。

关键词: 涡度相关; 春玉米; 碳通量; 水通量; 农田碳收支; 农田蒸散

数据库(集)基本信息简介

数据库(集)名称	2005–2014 年锦州春玉米农田生态系统碳水通量观测数据集
数据通信作者	周广胜 (zhougs@cma.gov.cn)
数据作者	张森、周莉、周广胜、贾庆宇、李荣平、王宇
数据时间范围	2005–2014 年
地理区域	121°12'6" E, 41°8'53" N, 海拔 23 m
数据量	46.01 MB
数据格式	*.xlsx
数据服务系统网址	https://doi.org/10.57760/sciencedb.o00119.00062
基金项目	科技部基础资源调查专项(2019FY101302); 中国气象局创新发展专项(CXFZ2023P052)。
数据库(集)组成	本数据集包括通量数据和气象数据2个数据子集, 每个子集均含30 min、日、月和年4种时间尺度的数据。其中: 通量数据包含生态系统净碳交换(NEE)、生态系统呼吸(Reco)、生态系统光合(GEE)、感热通量(Hs)、潜热通量(LE)等观测指标; 气象数据包括空气温湿度、风速、风向、太阳辐射、光合有效辐射、土壤温度、土壤水分、降雨量等观测指标。



文献 CSTR:

32001.14.11-6035.csd.2023.0007.zh



文献 DOI:

10.11922/11-6035.csd.2023.0007.zh

数据 DOI:

10.57760/sciencedb.o00119.00062

文献分类: 地球科学

收稿日期: 2022-12-04

开放同评: 2023-01-29

录用日期: 2023-03-21

发表日期: 2023-04-14

* 论文通信作者

周莉: zhouli@cma.gov.cn

周广胜: zhougs@cma.gov.cn

引言

农田作为粮食生产的基础,承担了全世界三分之二的粮食供给^[1],是粮食安全的根基;同时,农田是全球碳库中重要且最活跃的碳库^[2-3],不仅受气候条件影响,人为管理措施的复杂多变等因素也导致农田碳收支的估算精度不高^[4-5]。第三次全国国土调查数据显示我国耕地面积为 19.179 亿亩,农田生态系统面积大。开展农田生态系统碳水通量研究,提高作物产量和水利用效率,发展绿色低碳农业,对确保粮食安全、减缓气候变化、促进双碳目标的实现都具有积极意义^[6-7]。

玉米是我国第一大粮食作物,近 20 年以东北地区为主的北方春播玉米区逐渐成为我国第一大玉米主产区^[8-9],东北地区玉米种植面积约占全区粮食作物面积的 60%^[10]。锦州农田生态系统野外观测站(锦州站)位于辽宁省锦州市,自 2004 年 5 月开始基于涡度相关法开展农田生态系统碳水通量综合观测。该站是中国通量观测研究网络(ChinaFLUX)成员站之一,也是我国第一批涡度相关碳水通量观测站之一。本数据集主要包括锦州站 2005–2014 年长期连续的玉米农田生态系统碳水通量和辅助气象环境观测数据,通量观测指标主要有生态系统净碳交换(NEE)、生态系统光合(GEE)、生态系统呼吸(Reco)、潜热通量(LE)、感热通量(Hs),气象观测指标主要有空气温湿度、风速风向、辐射、降雨量、土壤热通量、土壤温湿度等。数据质量控制和处理遵循中国通量观测研究网络(ChinaFLUX)数据处理体系,形成了 30 分钟、日、月和年 4 个时间尺度的标准化数据集。

1 数据采集和处理方法

1.1 数据采集

锦州站位于辽宁省锦州市太和区英屯村,该地区属于暖温带季风气候,四季分明,降水集中,季风气候显著,大陆性较强,属于典型半干旱地区。年平均气温 8–9 °C,最冷月 1 月平均气温 -8 °C,极端最低气温可达 -20 °C 以下,最热月 7 月平均气温 24 °C,极端最高气温可达 42 °C;年平均降水量 540–640 mm,是辽宁省降水量较少的地区之一,60%~70%的降水集中在夏季;无霜期 144–180 d。站区土壤以棕壤为主,pH 值 6.3,土壤有机质 0.6%–0.9%,0–30 cm 土壤为中壤土。

锦州站的通量观测场地理坐标为 121°12'6" E, 41°8'53" N,海拔 23 m,周围地势平坦开阔。通量观测场及附近主栽作物春玉米,雨养,一年一熟制,冠层高度可达 2.8 m,非生长季农田玉米残茬约为 10 cm。通量观测主要设备包含一套开路式涡度相关观测系统和一套气象梯度观测系统(表 1),由台站工作人员进行日常维护,由工程师定期对仪器进行标定校准。开路式涡度相关观测系统主要观测要素为 CO₂、H₂O 和感热通量,传感器主要包括:红外 CO₂/H₂O 气体分析仪、三维超声风速仪,数据采集频率为 10 Hz,并提供 30 min 在线通量数据;气象梯度观测系统主要观测要素包括:空气温湿度、风速风向、净辐射、光合有效辐射、降雨量、土壤温湿度、土壤热通量等,数据采集频率为 2 s,在线计算每 30 min 平均值/累积值。

表 1 锦州站碳水通量观测设备信息

Table 1 Specifications of the equipment for carbon and water flux observations at Jinzhou Station

观测系统	测定要素	传感器型号	制造商	观测高度/深度
开路涡度相关通量	CO ₂ 、H ₂ O 通量	LI-7500	LI-COR	5 m
观测系统	感热通量	LI-7500	LI-COR	5 m

观测系统	测定要素	传感器型号	制造商	观测高度/深度
	三维超声风速	CSAT3	CAMPBELL	5 m
气象梯度 观测系统	空气温/湿度	HMP45C	Vaisala	4 m、6 m
	风速	014A	CAMPBELL	4 m、6 m
	风向	034B	CAMPBELL	6 m
	光合有效辐射	LI-190SB	LI-COR	4.5 m
	净辐射	CNR1	Kipp & Zonen	4.5 m
	土壤热通量	HFP01	Hukseflux	-5 cm
	土壤温度	107L	CAMPBELL	-5 cm、-10 cm、-15 cm、-20 cm、 -40 cm、80 cm
	土壤水分	Easy AG	CAMPBELL	-10 cm、-20 cm、-30 cm、-40 cm
数据采集器	通量采集	CR5000	CAMPBELL	
	气象要素采集	CR23X	CAMPBELL	

1.2 数据处理和产品加工方法

本数据集从观测数据采集、质量控制、数据处理和存储等各方面均遵循 ChinaFLUX 通量数据质量控制与处理技术体系完成^[11-15]，数据处理软件主要采用 EddyPro 和 Matlab。数据处理流程见图 1。

数据预处理：主要包括对原始 10 Hz 高频通量观测数据中由于电子和物理噪声等产生的异常值进行剔除、二次坐标转换以消除地形不平坦或传感器不垂直等影响^[16-17]、计算 30 min 平均通量。

数据校正：主要包括对通量数据进行频率响应校正、超声虚温校正、WPL 校正、谱特征分析、稳态测试与湍流积分特性分析等^[15, 18]。

数据质量控制/质量保证：对 30 min 气象观测数据的质量控制包括异常值和阈值剔除；对通量数据的质量控制主要包括异常值剔除、阈值剔除、夜间摩擦风速阈值控制和降雨同期数据剔除等^[11-13]。

气象缺失数据插补：小于 2 h 的气象数据缺失采用线性内插法进行插补；超过 2 h 的气象数据缺失采用重复变量法进行^[12]，如光合有效辐射的缺失值可通过建立观测站点的光合有效辐射与总辐射的关系来插补。

水热通量缺失数据插补：小于 2 h 的水热通量数据缺失，依据相邻数据进行线性插补；数据缺失超过 2 h 时，采用非线性多元回归法^[16-17]（时间窗口，3 d）。非线性回归插补水热通量缺失数据时，主要基于水热通量与有效能量和水汽压亏损等变量的多元回归方程。

CO₂ 通量缺失数据插补：小于 2 h 的 CO₂ 通量数据缺失，可用线性内插法插补；数据缺失超过 2 h 时，插补方法主要采用边际分布采样法、非线性多元回归法（时间窗口，5 d），更长时间的 CO₂ 通量缺失采用平均日变化法完成。在基于非线性回归插补 CO₂ 通量缺失数据时，生长季白天缺失数据主要利用植被光合作用与光合有效辐射之间的直角双曲线 Michaelis-Menten 模型；非生长季及生长季夜间缺失数据的插补，采用生态系统呼吸与温度间的指数函数关系进行插补^[19-20]。

CO₂ 通量拆分：涡度相关系统直接观测到的碳通量是净生态系统 CO₂ 交换量（NEE），是光合碳吸收和呼吸碳排放两个过程平衡后的结果。为了获得生态系统光合（GEE）和生态系统呼吸（Reco）的相应通量数据，需要对 NEE 进行拆分^[19]。本数据集采用夜间观测途径，首先利用夜间碳通量和环境因子建立的呼吸模型估算白天生态系统呼吸，然后基于 $NEE = GEE + Reco$ 得到 GEE。

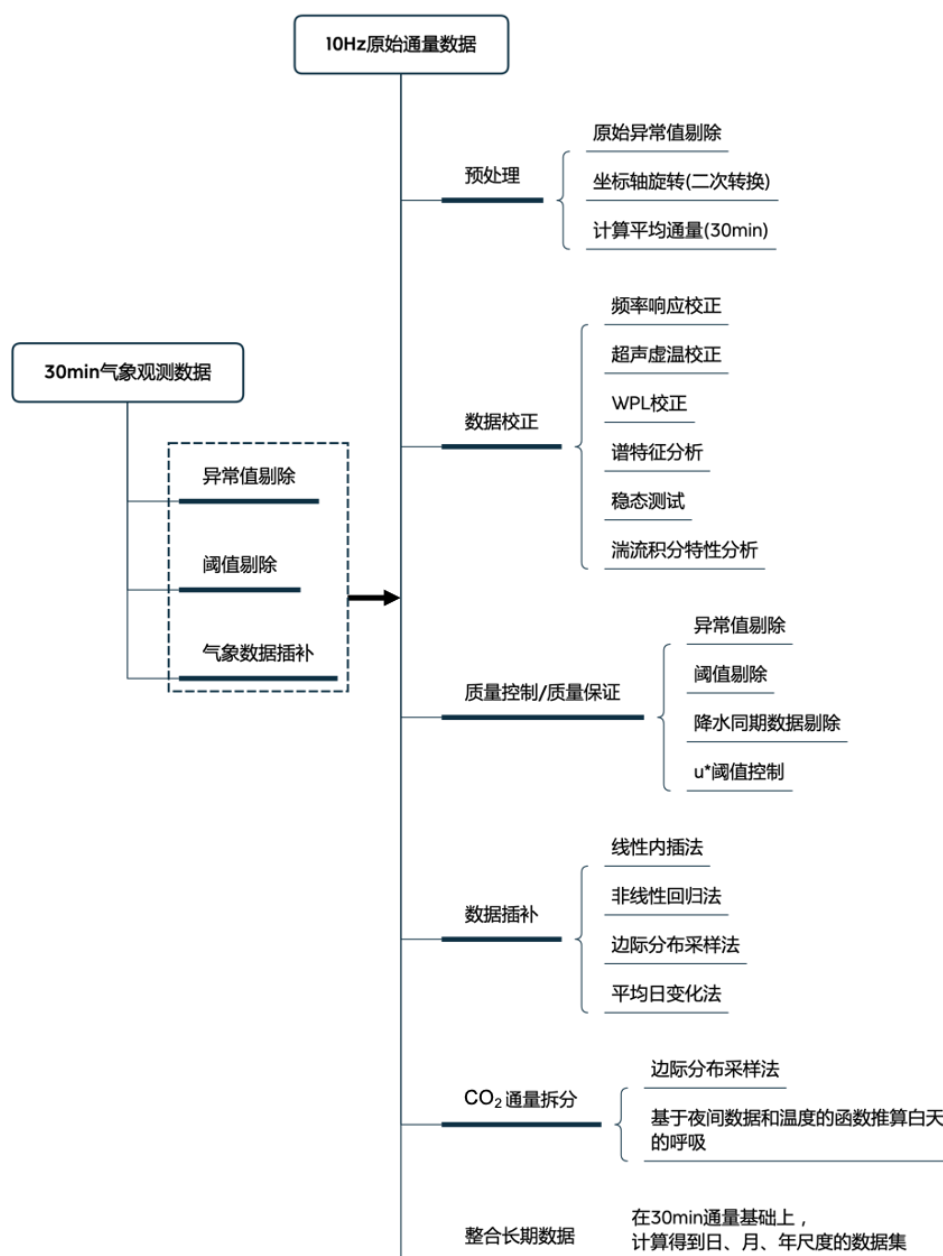


图 1 通量数据处理流程

Figure 1 Technological processing of flux data

2 数据样本描述

2.1 数据子集与数据量

本数据集时间跨度为 10 年（2005–2014 年），包括通量数据和气象数据 2 个数据子集，总文件大小为 61.5 MB。两个数据子集分别对应碳水通量数据和气象数据 2 大类型数据，每类数据各有 4 个不同的时间尺度（30 min、日、月和年尺度），共计有 80 个 Excel 文件。

2.2 数据文件示例

数据文件的命名格式为“年份+站名+数据类型+时间尺度”。如“2014 年锦州通量日尺度数

据.xlsx”和“2014 年锦州气象 30 分钟数据.xlsx”。以 2014 年数据文件为例，表 2 为锦州站通量数据文件表头说明，表 3 为锦州站气象数据文件表头说明。

表 2 通量观测数据表头

Table 2 Excel sheet header of flux data

数据项	计量单位				数据项说明
	半小时尺度	日尺度	月尺度	年尺度	
年	/	/	/	/	年份
月	/	/	/	/	月份
日	/	/	/	/	日期
时	/	/	/	/	小时
分	/	/	/	/	分钟
质控 NEE	mg CO ₂ m ⁻² s ⁻¹	g C m ⁻² d ⁻¹	g C m ⁻² mon ⁻¹	g C m ⁻² y ⁻¹	经过质量控制后的生态系统净碳交换
质控 Hs	W m ⁻²	MW m ⁻²	MW m ⁻²	MW m ⁻²	经过质量控制后的感热通量
质控 LE	W m ⁻²	MW m ⁻²	MW m ⁻²	MW m ⁻²	经过质量控制后的潜热通量
插补 NEE	mg CO ₂ m ⁻² s ⁻¹	g C m ⁻² d ⁻¹	g C m ⁻² mon ⁻¹	g C m ⁻² y ⁻¹	数据插补后的生态系统净碳交换
插补 Hs	W m ⁻²	MW m ⁻²	MW m ⁻²	MW m ⁻²	数据插补后的感热通量
插补 LE	W m ⁻²	MW m ⁻²	MW m ⁻²	MW m ⁻²	数据插补后的潜热通量
估算 Reco	mg CO ₂ m ⁻² s ⁻¹	g C m ⁻² d ⁻¹	g C m ⁻² mon ⁻¹	g C m ⁻² y ⁻¹	由 NEE 数据拆分得到的生态系统呼吸
估算 GEE	mg CO ₂ m ⁻² s ⁻¹	g C m ⁻² d ⁻¹	g C m ⁻² mon ⁻¹	g C m ⁻² y ⁻¹	由 NEE 数据拆分得到的生态系统光合

*注：日、月和年尺度通量均为每日、每月和每年各通量累积值。其中缺失值以-99999 表示。

表 3 半小时气象观测数据表头

Table 3 Excel sheet header of half-hourly meteorological observation data

数据项	计量单位	数据示例	数据项说明
yyyy	/	2005	年份
mm	/	6	月份
dd	/	6	日期
doy	/	157	日序
HH	/	12	小时
MM	/	0	分钟
Ta_1_AVG	°C	20.16	4 m 空气温度均值
Ta_2_AVG	°C	19.91	6 m 空气温度均值
RH_1_AVG	%	71	4 m 空气相对湿度均值
RH_2_AVG	%	71.1	6 m 空气相对湿度均值

数据项	计量单位	数据示例	数据项说明
Pvapor_1_AVG	kPa	1.675	4 m 水汽压均值
Pvapor_2_AVG	kPa	1.651	6 m 水汽压均值
WS_1_AVG	m s^{-1}	3.647	4 m 风速
WS_2_S_WVT	m s^{-1}	4.075	6 m 风速
WD_D1_WVT	°	211.1	风向方位角
WD_SD1_WVT	°	16.86	风向方位角的标准偏差
DR_AVG	W m^{-2}	925	向下短波辐射均值（总辐射）
UR_AVG	W m^{-2}	109.7	反射短波辐射均值
DLR_AVG	W m^{-2}	356.3	向下长波辐射均值
ULR_AVG	W m^{-2}	467.2	向上长波辐射均值
Rn_AVG	W m^{-2}	705	净辐射
PAR_AVG	$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	1717	光合有效辐射
G_1_AVG	W m^{-2}	80.4	#1 土壤热通量均值 8 cm
G_2_AVG	W m^{-2}	70	#2 土壤热通量均值 8 cm
Ts_TCAV_AVG	°C	26.45	土壤平均温度均值
Tsoil_1_AVG	°C	26.22	5 cm 土壤温度均值
Tsoil_2_AVG	°C	21.95	10 cm 土壤温度均值
Tsoil_3_AVG	°C	29.2	15 cm 土壤温度均值
Tsoil_4_AVG	°C	18.86	20 cm 土壤温度均值
Tsoil_5_AVG	°C	17.46	40 cm 土壤温度均值
Tsoil_6_AVG	°C	14.2	80 cm 土壤温度均值
Rain_TOT	mm	0	总降水量
Smoist_0_1_AVG	$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$	33.61	10 cm 土壤体积含水量
Smoist_0_2_AVG	$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$	38.3	20 cm 土壤体积含水量
Smoist_0_3_AVG	$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$	42.85	30 cm 土壤体积含水量
Smoist_0_4_AVG	$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$	36.41	40 cm 土壤体积含水量

*注：以 2005 年 6 月 6 日 12 时数据进行示例。数据集中缺失值以-99999 表示。

3 数据质量控制和评估

本数据集的数据质量控制在 ChinaFLUX 通量数据质量控制规范的指导下完成，具体步骤详见本文 1.2 节数据处理流程部分内容。经过数据质量控制，锦州站 2005–2014 年半小时尺度的气象环境数据有效比例平均为 $91.6\% \pm 15.9\%$ 。除 2009 和 2010 年外，锦州站的气象环境数据有效性在 98% 以上。2009 和 2010 年，由于仪器故障返厂维修的缺测导致气象环境有效数据比例（61.2%）低于其他观测年份；锦州站 2005–2014 年半小时尺度的 CO_2 通量、感热通量和潜热通量的有效数据分别为 $34\% \pm 5\%$ 、 $68\% \pm 14\%$ 、 $63\% \pm 10\%$ （表 4）。通量数据的缺失原因，一方面主要源于供电不足、仪器故障、仪器维修等情况下的原始数据丢失；另一方面主要是在数据质量控制时对降雨、夜间摩擦风速

低湍流弱等情况下的数据进行删除造成的。根据文献调研，全球通量网 FLUXNET 通量站缺失和不合理通量数据在 17%–50%^[21]，ChinaFLUX 各通量站缺失的数据白天在 15.8%–37.2%、夜间可达 48.9%–98.2%^[17]。与其他通量站相比，本数据集有效数据比例居于范围内。由于插补缺失数据和采样偏差导致的随机噪声等的共同影响，会导致统计年尺度碳收支时的不确定性。以锦州站 2019 年数据为例，采用 Monte Carlo 方法^[20, 22]评估，2019 年尺度 NEE 为 $-133.26 \pm 75.7 \text{ g C m}^{-2} \text{ y}^{-1}$ 。

表 4 半小时尺度通量数据质量控制后的有效数据比例

Table 4 Proportion of valid data after quality control of half-hourly flux data (%)

年份	CO ₂ 通量	感热通量	潜热通量
2005	28.2%	55.9%	53.9%
2006	22.8%	46.5%	44.8%
2007	34.6%	64.5%	61.5%
2008	33.1%	57.3%	56.4%
2009	37.8%	67.0%	64.9%
2010	33.9%	58.9%	59.2%
2011	36.3%	85.4%	78.4%
2012	33.2%	86.5%	76.3%
2013	42.7%	84.8%	69.2%
2014	32.8%	72.9%	66.6%

能量平衡闭合状况也是通量数据质量评价的一个途径。基于半小时尺度有效数据，采用 OLS (ordinary least square)法^[23]对锦州站通量数据的能量闭合状况 ($LE+H=Rn-G$) 进行评价，线性回归时强制过原点（图 2）。数据表明，锦州站 2005–2014 年通量观测的能量闭合程度在 0.61 ± 0.06 。锦州站的土壤热通量板放置在土壤-8 cm 处，测得的土壤热通量 G 为此深度以下的土壤热通量，将从热通量板放置深度至地表的热通量 (G_s) 考虑进来后^[24]，锦州站通量数据的能量闭合率为 0.68。参考 FLUXNET 站点的能量平衡闭合程度为 0.53–0.99^[23]、ChinaFLUX 站点 OLS 强制线性回归截距为 0 的斜率范围 0.54–0.88^[17]，锦州站通量数据的能量闭合程度在其范围内。

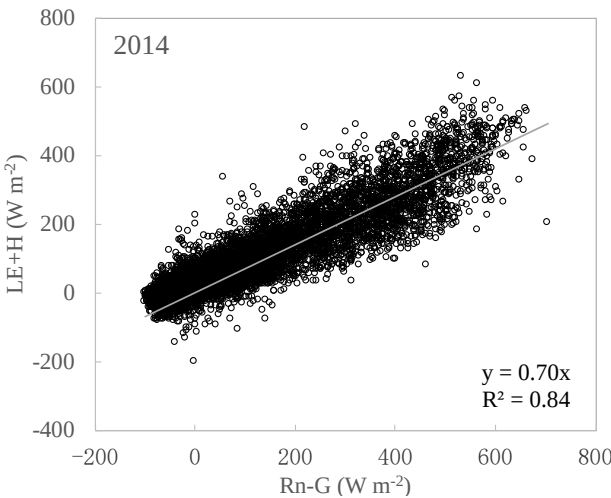


图 2 锦州站通量数据能量闭合状况（以 2014 年为例）

Figure 2 Energy closure of the eddy covariance flux observation at Jinzhou Station (in 2014)

4 数据使用方法和建议

本数据集在科学数据银行 ScienceDB (<https://www.scidb.cn/>) 提供共享下载。

在本数据集使用中请注意：（1）涡度相关通量数据的处理方法在不断发展，如果在通量数据处理流程中采用不同的方法，取得的结果均会存在一定的差异；（2）本数据集提供了插补前的有效通量数据和插补后的连续时间序列数据。在利用该数据集时，有必要根据研究目的选择使用数据，如在进行通量环境控制机制分析时，尽可能采用有效数据；（3）如果使用插补后的连续时间序列数据，如在进行长期碳收支评估时，需要进行由于数据插补等带来的不确定性分析。

致 谢

感谢辽宁省锦州市气象局史奎桥、刘景利、杨扬、张慧和梁涛等老师为玉米农田生态系统通量和小气候观测的仪器维护、数据采集等方面所做的大量工作。

数据作者分工职责

张森（1994—），男，硕士研究生，研究方向为生态系统碳通量及其控制机制。主要承担工作：数据处理、论文撰写。

周莉（1975—），女，博士，研究员，研究方向为陆-气通量及其生理生态机制。主要承担工作：数据质量控制和论文撰写。

周广胜（1965—），男，博士，研究员，研究方向为生态气象和气候变化。主要承担工作：通量站的运行与科学发展。

贾庆宇（1978—），男，博士，副研究员，研究方向为陆-气通量综合观测。主要承担工作：通量站维护、数据采集。

李荣平（1975—），男，博士，研究员，研究方向为陆面生理生态过程与机制。主要承担工作：数据管理和服务。

王宇（1985—），男，博士，副教授，研究方向为陆地生态系统碳水循环。主要承担工作：数据整理、数据质量分析。

参考文献

- [1] 刘昱, 陈敏鹏, 陈吉宁. 农田生态系统碳循环模型研究进展和展望[J]. 农业工程学报, 2015, 31(3): 1–9. DOI: 10.3969/j.issn.1002-6819.2015.03.001. [LIU Y, CHEN M P, CHEN J N. Progress and perspectives in studies on agro-ecosystem carbon cycle model[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2015, 31(3): 1–9. DOI: 10.3969/j.issn.1002-6819.2015.03.001.]
- [2] 韩广轩, 周广胜, 许振柱. 玉米农田生态系统土壤呼吸作用季节动态与碳收支初步估算[J]. 中国生态农业学报, 2009, 17(5): 874–879. DOI: 10.3724/SP.J.1011.2009.00874. [HAN G X, ZHOU G S, XU Z Z. Seasonal dynamics of soil respiration and carbon budget of maize (*Zea mays* L.) farmland ecosystem[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2009, 17(5): 874–879. DOI: 10.3724/SP.J.1011.2009.00874.]
- [3] REN W, TIAN H Q, TAO B, et al. China's crop productivity and soil carbon storage as influenced by

- multifactor global change[J]. *Global Change Biology*, 2012, 18(9): 2945–2957. DOI: 10.1111/j.1365-2486.2012.02741.x.
- [4] FRIEDLINGSTEIN P, JONES M, O'SULLIVAN M, et al. Global carbon budget 2019[J]. *Earth System Science Data*, 2019, 11(4): 1783–1838. DOI: 10.5194/essd-11-1783-2019.
- [5] 赵宁, 周蕾, 庄杰, 等. 中国陆地生态系统碳源/汇整合分析[J]. *生态学报*, 2021, 41(19): 7648–7658. DOI: 10.5846/stxb202004271012. [ZHAO N, ZHOU L, ZHUANG J, et al. Integration analysis of the carbon sources and sinks in terrestrial ecosystems, China[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2021, 41(19): 7648–7658. DOI: 10.5846/stxb202004271012.]
- [6] ZHOU L, WANG Y, JIA Q Y, et al. Evapotranspiration over a rainfed maize field in northeast China: how are relationships between the environment and terrestrial evapotranspiration mediated by leaf area?[J]. *Agricultural Water Management*, 2019, 221: 538–546. DOI: 10.1016/j.agwat.2019.05.026.
- [7] WANG Y, ZHOU L, PING X Y, et al. Ten-year variability and environmental controls of ecosystem water use efficiency in a rainfed maize cropland in Northeast China[J]. *Field Crops Research*, 2018, 226: 48–55. DOI: 10.1016/j.fcr.2018.07.006.
- [8] 郭延景, 肖海峰. 基于比较优势的中国玉米生产布局变迁及优化研究[J]. *中国农业资源与区划*, 2022, 43(3): 58–68. DOI: 10.7621/cjarrp.1005-9121.20220307. [GUO Y J, XIAO H F. Research on changes and optimization of China's maize production distribution based on comparative advantage[J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2022, 43(3): 58–68. DOI: 10.7621/cjarrp.1005-9121.20220307.]
- [9] 刘大千, 刘世薇, 温鑫. 东北地区粮食生产结构时空演变[J]. *经济地理*, 2019, 39(5): 163–170. DOI: 10.15957/j.cnki.jjdl.2019.05.019. [LIU D Q, LIU S W, WEN X. Spatial-temporal evolution of grain production structure in northeast China[J]. *Economic Geography*, 2019, 39(5): 163–170. DOI: 10.15957/j.cnki.jjdl.2019.05.019.]
- [10] 米娜, 张玉书, 纪瑞鹏, 等. 基于作物模型与最佳季节法的锦州地区玉米最佳播种期分析[J]. *中国农业气象*, 2016, 37(1): 68–76. DOI: 10.3969/j.issn.1000-6362.2016.01.009. [MI N, ZHANG Y S, JI R P, et al. Analysis on optimum sowing date of maize in Jinzhou using crop growth model and optimum season method[J]. *Chinese Journal of Agrometeorology*, 2016, 37(1): 68–76. DOI: 10.3969/j.issn.1000-6362.2016.01.009.]
- [11] 李春, 何洪林, 刘敏, 等. ChinaFLUX CO₂ 通量数据处理系统与应用[J]. *地球信息科学*, 2008, 10(5): 557–565. DOI: 10.3969/j.issn.1560-8999.2008.05.002. [LI C, HE H L, LIU M, et al. The design and application of CO₂ flux data processing system at ChinaFLUX[J]. *Geo-Information Science*, 2008, 10(5): 557–565. DOI: 10.3969/j.issn.1560-8999.2008.05.002.]
- [12] 周莉. 辽河三角洲芦苇湿地生态系统水碳通量动态及其控制机制[D]. 中国科学院植物研究所, 2009. [ZHOU L. Dynamics of water and carbon dioxide fluxes and their controls for a reed marsh in Liaohe Delta [D]. The Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, 2009.]
- [13] 张雷明, 罗艺伟, 刘敏, 等. 2003—2005 年中国通量观测研究联盟(China FLUX)碳水通量观测数据集[J]. *中国科学数据*, 2019, 4(1). (2018-12-29). DOI: 10.11922/csdata.2018.0028.zh. [ZHANG L M, LUO Y W, LIU M, et al. Carbon and water fluxes observed by the Chinese Flux Observation and Research Network(2003-2005)[J]. *China Scientific Data*, 2019, 4(1). (2018-12-29). DOI:

10.11922/csdata.2018.0028.zh.]

- [14] BURBA G. Eddy covariance method for scientific, industrial, agricultural and regulatory applications: A field book on measuring ecosystem gas exchange and areal emission rates[M]. Lincoln, Nebraska: LI-COR Biosciences, 2013.
- [15] BURBA G. Eddy Covariance Method for Scientific, Regulatory, and Commercial Applications[M]. Lincoln, Nebraska: LI-COR Biosciences, 2022.
- [16] WILCZAK J M, ONCLEY S P, STAGE S A. Sonic anemometer tilt correction algorithms[J]. Boundary-Layer Meteorology, 2001, 99(1): 127–150. DOI: 10.1023/A: 1018966204465.
- [17] 于贵瑞, 孙晓敏. 中国陆地生态系统碳通量观测技术及时空变化特征[M]. 北京: 科学出版社, 2008. [YU G R, SUN X M. Flue measurement and research of terrestrial ecosystem in China[M]. Beijing: Science Press, 2008.]
- [18] WEBB E K, PEARMAN G I, LEUNING R. Correction of flux measurements for density effects due to heat and water vapour transfer[J]. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 1980, 106(447): 85–100. DOI: 10.1002/qj.49710644707.
- [19] REICHSTEIN M, FALGE E, BALDOCCHI D, et al. On the separation of net ecosystem exchange into assimilation and ecosystem respiration: review and improved algorithm[J]. Global Change Biology, 2005, 11(9): 1424–1439. DOI: 10.1111/j.1365-2486.2005.001002.x.
- [20] WUTZLER T, LUCAS-MOFFAT A, MIGLIAVACCA M, et al. Basic and extensible post-processing of eddy covariance flux data with REdDyProc[J]. Biogeosciences, 2018, 15(16): 5015–5030.
- [21] FALGE E, BALDOCCHI D, OLSON R, et al. Gap filling strategies for long term energy flux data sets[J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2001, 107(1): 71–77. DOI: 10.1016/S0168-1923(00)00235-5.
- [22] HAGEN S C, BRASWELL B H, LINDER E, et al. Statistical uncertainty of eddy flux-based estimates of gross ecosystem carbon exchange at Howland Forest, Maine[J]. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 2006, 111(D8): D08S03. DOI: 10.1029/2005JD006154.
- [23] WILSON K, GOLDSTEIN A, FALGE E, et al. Energy balance closure at FLUXNET sites[J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2002, 113: 223–243. DOI: 10.1016/S0168-1923(02)00109-0.
- [24] 李伟君. 玉米农田水热碳通量动态及其环境控制机理研究[D]. 中国科学院植物研究所, 2008. [LI Y J. Dynamics of carbon, water and heat fluxes and their environmental controls in a maize agroecosystem[D]. The Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, 2008.]

论文引用格式

张森, 周莉, 周广胜, 等. 2005–2014 年锦州春玉米农田生态系统碳水通量观测数据集[J/OL]. 中国科学数据, 2023, 8(2). (2023-04-14). DOI: 10.11922/11-6035.csd.2023.0007.zh.

数据引用格式

张森, 周莉, 周广胜, 等. 2005–2014 年锦州春玉米农田生态系统碳水通量观测数据集[DS/OL]. Science Data Bank, 2023. (2023-02-27). DOI: 10.57760/sciencedb.o00119.00062.

A dataset of carbon and water flux observations in the agricultural ecosystem of spring maize in Jinzhou (2005–2014)

ZHANG Sen¹, ZHOU Li^{2*}, ZHOU Guangsheng^{1,2*}, JIA Qingyu³, LI Rongping³,
WANG Yu⁴

1. School of Geo-Science and Technology, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, P. R. China

2. State Key Laboratory of Severe Weather, Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081, P. R. China

3. Institute of Atmospheric Environment, China Meteorological Administration, Shenyang 110166, P. R. China

4. College of Horticulture and Plant Protection, Henan University of Science and Technology, Luoyang 471000, P. R. China

*Email: zhouli@cma.gov.cn; zhougs@cma.gov.cn

Abstract: The observation of carbon and water fluxes in agricultural ecosystems based on eddy covariance technique (EC) is of great significance for improving crop yield and utilization efficiency of water resources in cropland, and promoting the realization of carbon peaking and carbon neutrality goals. Jinzhou agricultural Ecosystem Field Observation Station (Jinzhou Station) is one of the member stations of Chinese FLUX Observation and Research Network (ChinaFLUX). It is located in the main spring maize-producing area in Jinzhou City, Liaoning Province, China. Jinzhou Station has been carrying out the EC-based observation of carbon and water fluxes of the spring maize agricultural ecosystem since May 2004. In line with the ChinaFLUX data processing protocols, we statistically collected the carbon and water fluxes and auxiliary meteorological environment observations of the spring maize agricultural ecosystem in Jinzhou from 2005 to 2014, so as to obtain a standardized dataset with four-time scales (i.e. half-hourly, daily, monthly, and yearly). This dataset is expected to provide data support for the study of climate change and the process and mechanism of carbon and water cycle in farmland ecosystems.

Keywords: eddy covariance; spring maize; carbon flux; water flux; cropland carbon budget; cropland evapotranspiration

Dataset Profile

Title	A dataset of carbon and water flux observations in the agricultural ecosystem of spring maize in Jinzhou (2005–2014)
Data corresponding author	ZHOU Guangsheng (zhougs@cma.gov.cn)
Data author(s)	ZHANG Sen, ZHOU Li, ZHOU Guangsheng, JIA Qingyu, LI Rongping, WANG Yu
Time range	2005 – 2014
Geographical scope	121°12'6" E, 41°8'53" N, 23 m a.s.l.
Data volume	46.01 MB
Data format	*.xlsx

Data service system	https://doi.org/10.57760/sciencedb.o00119.00062
Source(s) of funding	National Science and Technology Basic Resources Survey Program of China (2019FY101302); China Meteorological Administration Innovation Development Special Project (CXFZ2023P052).
Dataset composition	The dataset includes two subsets (i.e. fluxes data and meteorological data), each of which contains data at 4 time scales (half-hourly, daily, monthly, and yearly). Among them, the flux data products cover ecosystem net carbon exchange (NEE), ecosystem respiration (Reco), ecosystem photosynthesis (GEE), sensible heat flux (Hs), latent heat flux (LE), etc.; meteorological data products cover air temperature, humidity, wind speed, wind direction, solar radiation, photosynthetically active radiation, soil temperature, soil moisture, rainfall, etc.